Н. А. Екимова

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕКТОРАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СФЕРЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

Структурные преобразования, начавшиеся в стране в начале 1990-х гг., принципиально изменили российскую экономику. За этот период времени в результате реформ, направленных на минимизацию государственного сектора экономики, в России сформировался частный сектор, который во многих отраслях выступает в качестве серьезной альтернативы государственному сектору. В связи с этим в настоящее время государственный и негосударственный (частный) секторы экономики находятся в режиме конкурентного сосуществования. Данный факт актуализирует задачу определения оптимальной секторальной структуры экономики.

Определенные ориентиры можно получить на основе моделирования взаимодействия двух секторов (государственного и негосударственного). Одним из хорошо зарекомендовавших себя инструментов моделирования подобного рода процессов является модель типа «хищник−жертва». Впервые данная модель была предложена А. Лоткой в 1925 г. для описания динамики взаимодействующих биологических популяций [12]. Независимо от А. Лотки в 1926 г. аналогичные модели были получены итальянским математиком В. Вольтерра, чьи исследования в области экологических проблем заложили фундамент математической экологии [4]. С тех пор модели типа «хищник–жертва» применялись для анализа качественных особенностей динамики взаимодействующих популяций в биологии и математической теории динамических систем. В конце прошлого века были сделаны попытки перенести методологию анализа биологических популяций на экономическую сферу. Так, А.Г. Коровкиным и его коллегами была построена модель движения рабочей силы, где в качестве взаимодействующих популяций выступали потенциальные работники (безработные) и вакантные рабочие места [5−7]. Другая попытка приложения модели «хищник−жертва» была предложена В.П. Миловановым в 1994 г. для описания взаимодействия денежного и товарного рынков [8].

Впервые описать взаимозависимость государственного и частного секторов экономики, используя «популяционный» подход Лотки–Вольтерра, попытались П. Вельфенсон и П. Джесински [13]. Они теоретически интерпретировали динамику названных секторов в терминах теории динамических систем. Однако данная теория не была апробирована на реальных статистических данных. Восполнить возникший пробел и произвести расчеты, подтверждающие гипотезу о взаимообусловленном развитии государственного и частного секторов, попытались Е.В. Балацкий и В.А. Конышев [2]. Модифицировав общепринятые уравнения связи классической модели Лотки–Вольтерра «хищник–жертва», приведя их к более интерпретируемому виду, ими была построена динамическая модель взаимодействия государственного и не-

государственного секторов. Однако подобные исследования носили в основном предварительный характер, для получения корректных результатов еще не хватало данных, в связи с чем построенные эконометрические модели имели не слишком хорошие статистические характеристики. В дальнейшем указанные проблемы были устранены, и проведенный анализ динамики взаимодействия государственного и негосударственного секторов позволил получить более корректные результаты на основе обобщенной модели «хищник–жертва» [3].

Таким образом, к настоящему времени накоплен некоторый положительный опыт решения задач, связанных с определением оптимального взаимодействия двух секторов. Однако целью настоящей статьи является тиражирование указанного аппарата на более широкий класс экономических явлений. В частности, основная наша задача – проверить возможность применения рассматриваемого инструментария (динамической модели «хищник–жертва») к такой специфической области, как научная деятельность. Во всех ранее перечисленных работах модель «хищник–жертва» носила макроэкономический характер и охватывала всю национальную экономику. В данной работе она носит отраслевой характер и адаптируется к одной специфической области – сфере научных исследований и разработок, которая, в свою очередь, может быть разделена на государственный и негосударственный сегменты. Под *государственным сектором науки* будем понимать часть науки, в рамках которой государство в целях достижения общественных интересов и удовлетворения общественных потребностей выступает участником научной деятельности через государственные предприятия и учреждения, основной деятельностью которых является выполнение исследований и разработок.

Здесь и далее будем использовать схему анализа, приведенную в работе [3].

Статистической основой наших расчетов будут служить официальные данные [10, 11]. Следует отметить, что в указанных источниках в сфере научных исследований и разработок выделяются следующие сегменты: государственный, предпринимательский, высшего образования и частный бесприбыльный. Однако отсутствие более детальной расшифровки не позволяет сделать выводы о принципиальном составе каждого сегмента. В частности, основные трудности возникают с сегментом высшего образования. Мы не можем точно сказать, о каких вузах, занятых научно-исследовательской деятельностью, идет речь – государственных или негосударственных. Однако с определенной долей вероятности мы можем предположить, что речь идет о государственных вузах, так как именно на их долю приходится основная часть научно-исследовательских работ. В связи с этим в данной статье занятых научными исследованиями и разработками в сегменте высшего образования, а это порядка 43 тыс. чел. [10, 11], будем учитывать в государственном секторе науки. Исходные данные для дальнейших расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Масштабы государственного и негосударственного секторов науки в России

Годы	Численность занятых в сфере научных исследований и разработок, млн чел.	В том числе		Доля госсектора в общей численности занятых, %
		в государственном секторе	в негосударственном секторе*	
1994	1.106	0.346	0.760	31.28
1995	1.061	0.334	0.727	31.48
1996	0.991	0.319	0.672	32.19
1997	0.935	0.313	0.622	33.48
1998	0.855	0.296	0.559	34.62
1999	0.872	0.299	0.573	34.29
2000	0.888	0.297	0.591	33.45
2001	0.886	0.300	0.586	33.86
2002	0.871	0.302	0.569	34.67
2003	0.859	0.299	0.560	34.81
2004	0.839	0.302	0.537	36.00
2005	0.813	0.316	0.497	38.87

** В состав негосударственного сектора включены предпринимательский и частный бесприбыльный сегменты.*

При таком агрегировании секторов (см. табл. 1) взаимные контакты двух секторов могут быть представлены следующими дифференциальными уравнениями:

$$\begin{cases} dX/dt = a\Omega + bX + cXY \\ dY/dt = \gamma + a^*\Omega + b^*X + c^*Y \end{cases} \quad (1)$$

где X – численность занятых в государственном секторе экономики; Y – численность занятых в негосударственном секторе экономики; t – время; a, b, c, a*, b*, c* и γ – параметры модели, подлежащие статистической оценке; Ω – логическая (фиктивная) переменная: $\Omega = 0$ на интервале [1994–1998], $\Omega = 1$ на интервале [1999–2005].

Смысл вводимой логической переменной заключается в сглаживании существующего разрыва в режиме динамики изменения численности занятых в негосударственном секторе науки (см. рис. 1). В результате данного действия рассматриваемый временной ряд разбивается на два интервала, каждому из которых соответствует своя система дифференциальных уравнений, описывающих взаимодействие двух секторов:

$$\begin{cases} dX/dt = a + bX + cXY \\ dY/dt = \gamma + b^* X + c^* Y \end{cases}, \quad \text{для } [1994–1998] \qquad (2)$$

$$\begin{cases} dX/dt = a + bX + cXY \\ dY/dt = \gamma + a^*\Omega + b^* X + c^* Y \end{cases}, \quad \text{для } [1999–2005] \qquad (3)$$

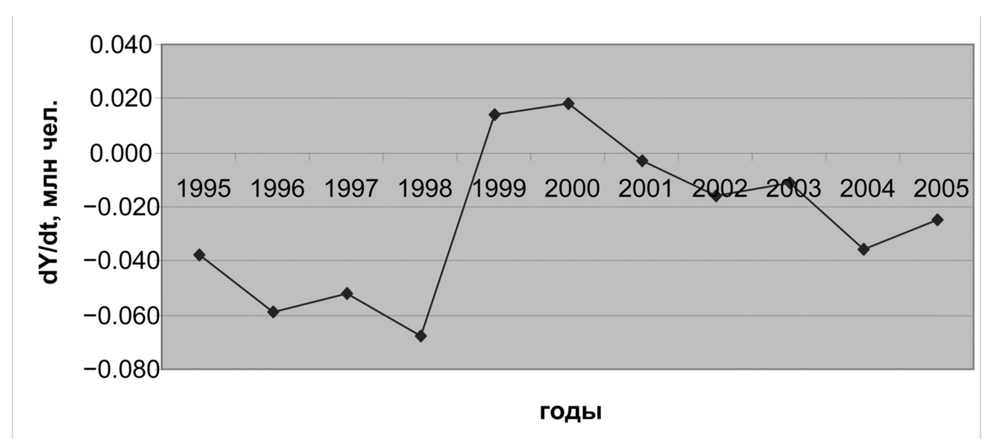


Рис. 1. *Динамика изменения численности занятых в негосударственном секторе науки*

На интервале [1994–1998] искомые эконометрические модели имеют следующий вид:

$$\Delta X = -\underset{(0.067)}{0.257}\, X + \underset{(0.102)}{0.287}\, XY. \qquad (4)$$

N = 11; R^2 = 0.92; F = 31.55; DW = 2.42.

$$\Delta Y = -\underset{(0.035)}{0.104} + \underset{(0.126)}{0.442}\, X - \underset{(0.027)}{0.075}\, Y \qquad (5)$$

N = 11; R^2 = 0.90; F = 21.24; DW = 2.53,

где R^2 – коэффициент детерминации; F – расчетное значение F-статистики; DW – коэффициент Дарбина–Уотсона; N – число наблюдений; под коэффициентами регрессий в скобках указаны значения стандартных ошибок.

На интервале [1999–2005] искомые эконометрические модели преобразуются в следующие выражения:

$$\Delta X = \underset{(0.004)}{0.028} - \underset{(0.067)}{0.257}\, X + \underset{(0.102)}{0.287}\, XY \qquad (6)$$

N = 11; R^2 = 0.92; F = 31.55; DW = 2.42.

$$\Delta Y = -\underset{(0.035)}{0.104} + \underset{(0.003)}{0.015} + \underset{(0.126)}{0.442}\, X - \underset{(0.027)}{0.075}\, Y = -0.089 + 0.442X - 0.075Y \qquad (7)$$

$N = 11; R^2 = 0.90; F = 21.24; DW = 2.53,$

где используются прежние обозначения.

Полученные статистические характеристики моделей (4), (5), (6) и (7) свидетельствуют о том, что все они проходят необходимые статистические тесты и, следовательно, являются работоспособными и отражают объективные связи между двумя секторами.

Анализ знаков параметров моделей (4), (5), (6) и (7) позволяет сделать следующие выводы. Прежде всего, обращает на себя внимание факт отрицательности коэффициентов b и c^*, характеризующих темпы прироста государственного и негосударственного секторов без учета взаимодействия с окружающей средой. Содержательно это означает факт саморазрушения двух секторов, что является довольно неожиданным, поскольку по логике вещей любая система должна стремиться к выживанию и поддержанию своего существования. А в данном случае и в отношении госсектора, и в отношении негосударственного сектора четко прослеживается вектор к самораспаду. Одной из причин подобного явления, на наш взгляд, является финансовая непривлекательность сферы научных исследований и разработок при высоких затратах интеллектуального труда. Причем анализ количественных характеристик рассматриваемых показателей ($|b| > |c^*|$) выявляет факт более стремительного «самопоедания» госсектора, что может быть связано с его меньшей финансовой привлекательностью относительно частного. Несколько выравнивает ситуацию вмешательство государства в функционирование государственных и частных организаций. Так, положительное значение показателя a можно интерпретировать как некую поддержку государства для предприятий и организаций госсектора науки, в то время как отрицательное значение показателя a^* для частного сектора может означать некую сумму налоговых отчислений.

Произведение XY представляет собой величину потенциальных контактов между работниками двух секторов, заканчивающихся их «переходом» из одного сектора в другой. Положительный знак коэффициента c означает, что в результате подобного рода контактов между представителями двух секторов происходит отток трудовых ресурсов из негосударственного сектора в государственный. В свою очередь и для частного сектора государственный является одним из источников подпитки рабочей силы, о чем свидетельствует положительное значение коэффициента b. При этом сравнение коэффициентов b и b^* эконометрических моделей (6) и (7) показывает, что $|b| < |b^*|$; это говорит о том, что частный сектор пытается расширяться не только за счет госсектора, но и за счет привлечения работников из внешней среды. Таким образом, проведенный анализ показал, что в отношении рабочей силы оба сектора выступают и в роли «хищника», и в роли «жертвы» одновременно, лишний раз подтверждая тем самым факт жестких конкурентных отношений между секторами.

Подводя итог, можно сказать, что без взаимных контактов и взаимных обменов со временем каждый сектор может сам себя разрушить. При сохранении подобного тренда развития нетрудно определить период полураспада двух секторов при условии независимости их от

внешних факторов. Так, для государственного сектора период, когда произойдет его двукратное сокращение, составит чуть более 2 лет. Для негосударственного сектора потребуется порядка 9 лет. Этот факт означает не что иное, как «вымывание» науки из экономики.

Полученные зависимости позволяют определить точки равновесия, когда система находится в состоянии покоя. Эти точки вычисляются, исходя из условий: dX/dt = 0 и dY/dt = 0. Для системы (2) точки равновесия вычисляются по следующим формулам:

$$X = \frac{c^*b - a^*c}{b^*c}, \tag{8}$$

$$Y = -\frac{b}{c} \tag{9}$$

Для системы (3) расчетными являются следующие формулы:

$$Y_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}, \tag{10}$$

$$X_{1,2} = -\frac{a^* + c^* Y_{1,2}}{b^*}, \tag{11}$$

где $A = c^*c$, $B = -(bc^* + Dc)$, $C = ab^* - Db$, $D = a^*\Omega + \gamma$

На временном интервале [1994–1998] расчеты позволяют получить следующие параметры равновесия: X = 0.387 млн чел.; Y = 0.895 млн чел.; общая численность занятых = 1.282 млн чел. На интервале [1999–2005] вычисления дают следующий результат: X = 0.298 млн чел.; Y = 0.568 млн чел.; общая численность занятых 0.866 млн чел. Процентное соотношение государственного и негосударственного секторов в первом случае составляет {λ = 30.19%; η = 69.81%}; во втором − {λ = 34.41%; η = 65.59%}. Для того чтобы оценить устойчивость полученных равновесных значений, воспользуемся аппаратом теории динамических систем [1]. Так, якобиан (*J*) систем (2) и (3) имеет следующий вид:

$$J = bc^* + cc^*Y - b^*cX \tag{12}$$

Значение выражения (12) и для точки равновесия {30.19%; 69.81%}, и для точки равновесия {34.41%; 65.59%} является отрицательной величиной (*J1*= – 0.129 < 0, где *J1* – якобиан системы (2), *J2* = –0.031 < 0, где *J2* – якобиан системы (3)), а следовательно, данные точки являются седловыми и представляют собой неустойчивое равновесие. Это еще раз подтверждает факт жесткой конкурентной борьбы между секторами, когда система, даже достигнув равновесия, не сможет пребывать в

состоянии покоя, а все время будет стремиться к колебательному режиму и «отбиранию» рабочей силы одним сектором у другого. Однако возникает вопрос: за какой период система сможет достигнуть равновесия?

В настоящее время секторальная структура науки близка к оптимальной (см. табл. 1). Однако определим траекторию дальнейшего развития госсектора сферы научных исследований и разработок (см. рис. 2). Это представляется возможным в связи с тем, что система (1) представляет собой систему рекуррентных соотношений, позволяющих экстраполировать данный режим функционирования системы на любой временной интервал при условии сохранения основных тенденций развития двух секторов.

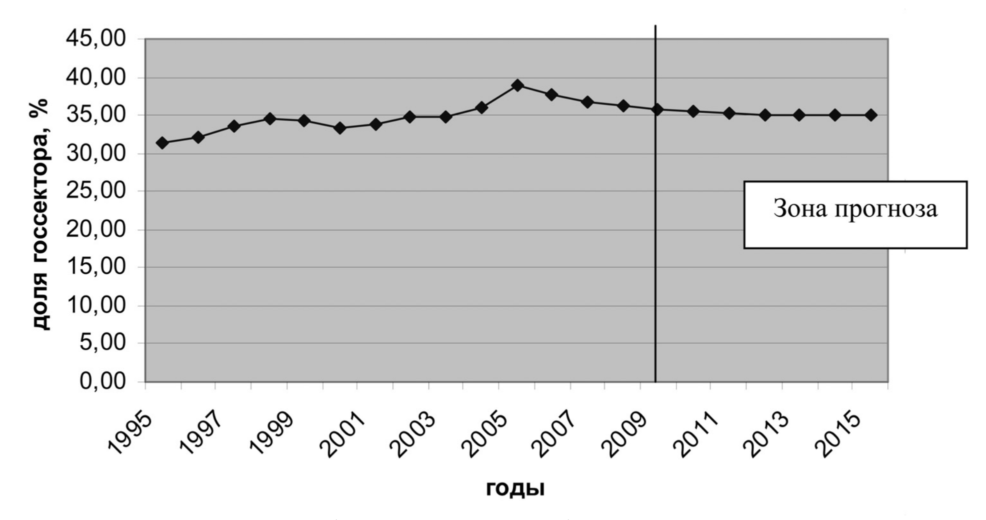


Рис. 2. *Траектория доли занятых государственного сектора науки*

Полученные результаты позволяют сделать ряд выводов.

Во-первых, с определенной долей вероятности мы можем прогнозировать, что в течение ближайших лет будет происходить незначительное уменьшение доли занятых в государственном секторе науки, связанное не столько с уменьшением численности занятых в этом секторе, сколько с увеличением занятых в частном секторе большей частью за счет привлечения рабочей силы извне, однако недостаточного для достижения прогнозируемого оптимума занятых в негосударственном секторе. В то же время, несмотря на направленность на уменьшение доли госсектора в ближайшие годы, равновесие достигнуто не будет. Более того, дальнейшее прогнозирование показывает, что при достижении некоторого минимального значения доли госсектора, равного 35.01%, начнется движение в сторону ее увеличения. Данный факт является следствием сделанного ранее вывода о неустойчивости равновесия и о колебательном характере взаиморазвития двух секторов.

Во-вторых, следствием первого вывода является предположение о том, что в ближайшие годы никаких значительных структурных изме-

нений происходить не будет. В свете сказанного ранее о «самопоедании» секторов это означает, что основные силы как государственного, так и частного секторов науки будут направлены не столько на повышение своей привлекательности и дальнейшее саморазвитие, сколько на поиски средств для выживания, что может негативно отразиться на повышении конкурентоспособности данной отрасли.

Данные выводы актуализируются в свете того, что в последние годы инновационное развитие, направленное на обеспечение высоких темпов и устойчивости экономики России, является одним из главнейших приоритетов государства. В современных условиях это означает необходимость обеспечения высокого уровня технологического развития в сочетании со способностью экономики воспринимать и внедрять передовые технологии для достижения конкурентоспособности России на мировых рынках. Однако современное состояние российской науки, как было показано ранее, не в полной мере отвечает условиям повышения конкурентоспособности и устойчивого экономического роста, которые обусловлены темпами внедрения новейших научно-технических решений и развития наукоемких отраслей экономики. Среди причин подобного положения можно выделить: неоптимальность структуры государственного сектора, несовершенство нормативно-правовой базы, недостаточное качество системы управления государственным сектором науки, низкая бюджетная обеспеченность и, как следствие, нехватка профессиональных кадров. В результате этого общественная полезность государственного сектора науки остается низкой и не способствует развитию научной и инновационной сферы.

Выявленный нами вектор развития госсектора науки подтверждает необходимость государственного вмешательства в вопросы регулирования деятельности сферы научных исследований и разработок. Подобная тенденция имеет место и в действительности. Так, с целью формирования сбалансированного сектора исследований и разработок и эффективной инновационной системы, обеспечивающих технологическую модернизацию экономики и повышение ее конкурентоспособности на основе передовых технологий и превращение научного потенциала в один из основных ресурсов устойчивого экономического роста, Министерством образования и науки Российской Федерации была разработана «Стратегия развития науки и инноваций в Российской Федерации на период до 2015 года», утвержденная Межведомственной комиссией по научно-инновационной политике в феврале 2006 года. При этом основным направлением повышения эффективности функционирования государственного сектора науки определена не оптимизация структуры, а именно совершенствование системы управления. Данный факт также имеет отражение в построенных эконометрических моделях (6) и (7). Как было отмечено ранее, секторальная структура научной сферы близка к оптимальной. Однако для стабилизации ситуации государство должно изыскать пути достижения устойчивости равновесия, связанные в большей степени именно с эффективностью управления.

Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что целью данной статьи является не получение количественных оценок прогноза доли государствен-

ного сектора науки, а апробация существующих макроэкономических инструментов моделирования взаимодействия двух секторов (государственного и негосударственного) на мезоуровне – в сфере научных исследований и разработок – с целью получения *качественных прогнозов* о направлении дальнейшего развития данной сферы. Применение подобного рода прогнозов позволяет проследить основные тенденции взаимодействия секторов с целью принятия управленческих решений, корректирующих вектор их дальнейшего развития.

Необходимо отметить, что корректность проводимых прогнозных расчетов напрямую связана с качеством информационно-статистического обеспечения. На наш взгляд, здесь следует выделять два аспекта проблемы.

Первый связан с возникающими разночтениями в официальной статистике. Так, например, несмотря на одинаковую в разных статистических источниках численность занятых в сфере научных исследований и разработок, существуют значительные различия в разбивке этой численности по секторам. По одним источникам доля занятых исследованиями и разработками в государственном секторе науки составляет порядка 30% [10, 11], в то время как согласно другим источникам эта доля увеличивается до 77% [9]. Такое расхождение является недопустимым, поскольку использование разных данных при моделировании той или иной ситуации дает различные результаты. А это, в свою очередь, может привести к принятию некорректных управленческих решений.

Второй аспект связан с неполнотой статистического учета. Это проявляется в том, что в настоящее время существует достаточное количество организаций, чья основная деятельность не связана напрямую с научными исследованиями и разработками, но где подобного рода работа проводится достаточно эффективно. Как правило, ни эта организация, ни ее сотрудники, занимающиеся научной деятельностью, не учитываются в официальной статистике, однако нельзя недооценивать вклад, вносимый подобного рода организациями в науку. Таким образом, и в первом, и во втором случае имеет место искажение реальности, которое может приводить к серьезным последствиям при моделировании различных процессов экономики.

Литература

1. Амелькин В.В. Дифференциальные уравнения в приложениях. М.: Наука, 1987.
2. Балацкий Е.В., Конышев В.А. Взаимодействие государственного и частного секторов России: проблема достижения равновесия // Общество и экономика. 2004. № 1.
3. Балацкий Е.В., Екимова Н.А. Временные границы цикла приватизации // Общество и экономика. 2006. № 9.
4. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. М.: Наука, 1976.
5. Коровкин А.Г. Согласование динамики вакантных рабочих мест и рабочей силы в России // Проблемы прогнозирования. 1999. № 2.

6. Коровкин А.Г., Лапина Т.Д., Полежаев А.В. Согласование спроса на рабочую силу и ее предложения: федеральный и региональный аспекты // Проблемы прогнозирования. 2000. № 3.
7. Коровкин А.Г., Наумов А.В. Социально-экономические проблемы формирования рациональной занятости // Экономика и математические методы. 1990. № 5.
8. Милованов В.П. Об одном подходе к моделированию механизмов ценообразования // Экономика и математические методы. 1994. № 1.
9. Научный потенциал и технический уровень производства. Вып. 3 / Под ред. Т.Е. Кузнецовой. М.: Изд-во РУДН, 2005.
10. Российский статистический ежегодник: Статистический сборник. М.: Госкомстат России, 1999.
11. Российский статистический ежегодник: Статистический сборник. М.: Госкомстат России, 2005.
12. Lotka A.J. Elements of Physical Biology. 1925.
13. Welfens P., Jasinski P. Privatization and foreign direct investment in transforming economies. Dartmouth, 1994.